



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 10 715 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 05 D 1/02**  
B 25 J 5/00  
B 25 J 13/00  
B 25 J 9/00  
G 01 S 13/93  
B 25 J 9/16

⑲ Aktenzeichen: 199 10 715.7  
⑳ Anmeldetag: 10. 3. 1999  
㉔ Offenlegungstag: 21. 9. 2000

**DE 199 10 715 A 1**

⑦① Anmelder:  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV,  
53175 Bonn, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
von Kirschbaum, A., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82110  
Germering

⑦② Erfinder:  
Bethke, Karl-Heinz, Dr., 81375 München, DE; Röde,  
Bernd, Dr., 82418 Murnau, DE; Schroth, Arno, Prof.  
Dr., 81243 München, DE

⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 196 15 353 C2  
US 58 05 107 A  
US 54 48 293 A  
EP 05 50 073 B1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Verfahren zum autonomen Führen von Roboterfahrzeugen in Hallen sowie Radarstation zur Durchführung des Verfahrens
- ⑤⑦ Zur autonomen Führung von Roboterfahrzeugen, insbesondere in Industrie- und Lagerhallen, werden von einer auf dem Roboterfahrzeug untergebrachten Radarstation, die die jeweilige Halle insgesamt über einen in mehrere Teilsektoren unterteilten Vollkreis von 360° mit Mikrowellensendeimpulsen ausleuchtet, aus den empfangenen Echosignalen entsprechende Informationen abgeleitet. Weiterhin können zur eindeutigen und weiträumigen Ortsbestimmung eines oder mehrerer Roboterfahrzeuge Transponder an den Hallenwänden benutzt werden. In einer Abwandlung kann auch die Radarstation des Roboters als Transponder dienen. Die Ortung und Steuerung des Roboterfahrzeugs erfolgt in diesem Fall durch modularartig zusammengefaßte, vernetzte Radarstationen an den Hallenwänden.

**DE 199 10 715 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren zur autonomen Führung von Roboterfahrzeugen in großen Hallen, wie Industrie-, Fabrikations- und Lagerhallen, in denen sich ein komplexes Maschineninventar befindet und dementsprechend komplizierte Wegführungen anzutreffen sind, die in der Regel auch noch zeitlichen Veränderungen unterliegen.

Die Erfindung betrifft auch eine Radarstation zur Durchführung des Verfahrens.

Aus EP 0 550 073 B1 bzw. US 5,448,243 ist ein Ortungsverfahren für bewegte und ruhende Objekte auf Flughäfen bekannt, was nachstehend auch als Nahbereichsortungsverfahren bezeichnet wird. Hierbei wird die Ortung von bewegten und ruhenden Objekten 10 und 20 relativ geringer Ausdehnung im Verhältnis zum überwachten Gesamtareal und bei geringer Zieldichte – so daß noch von identifizierbaren Einzelzielen ausgegangen werden kann – durch reine Entfernungsmessungen von mindestens drei, vorzugsweise vier am Rande des Überwachungsgebiets stehenden Radarsensoren 30 über einen Multilaterationsprozeß durchgeführt. Hierzu werden für die Radarstation feststehende Antennen 40 benutzt, welche im Azimut relativ breite, dabei aber genau definierte Sektordiagramme aufweisen und in der Regel ein gemeinsames Überwachungsareal von beliebiger vorzugsweise jedoch viereckig-polygonaler Gestalt beleuchten. (Siehe Fig. 2).

Ein einzelnes Ziel kann – im Prinzip durch zwei Entfernungsmessungen von zwei Punkten mit bekannten Koordinaten – eindeutig in seiner Lage in einer Ebene bestimmt werden. Eine Mehrzielfähigkeit erfordert jedoch, wie durch Simulationen gezeigt werden konnte, mindestens drei, vorzugsweise jedoch vier Meßbasispunkte, um Mehrdeutigkeiten in den Schnittstellen der Ortungskreisbögen weitgehend zu unterdrücken. Eine solche Anordnung von drei oder mehr Stationen bildet eine autonome Ortungszelle (Modul). Mehrere dieser Module können zu einem Netzwerk zusammengefaßt werden.

Ferner kann aufgrund der multistatischen Antennenanordnung jede Antenne grundsätzlich alle HF-Aussendungen der beteiligten Radarstationen empfangen. Dies wird dazu genutzt, daß die gemessenen und vorverarbeiteten Radarchopprofile aller Stationen in digitalisierter Form im Rahmen eines sogenannten Kommunikationstelegramms über die jeweilige Radarfunkstrecke zu einer speziellen Modulstation, der sogenannten "Master"-Station, übertragen wird.

In der "Master-Station" befindet sich der Ortsrechner, welcher die geometrische Auswertung aller Entfernungsmessungen vornimmt und gegebenenfalls auch Falschziele und undeutliche Ortungsergebnisse nach Maßgabe ihres zeitlichen und örtlichen Auftretens beseitigt. Durch eine Intrapulssphasenmodulation unter Verwendung neuartiger PN-Kodfolgen (DE 196 15 353; US 5,805,107) kann darüber hinaus eine Pulskompression Radaraussendungen erfolgend, die eine erhebliche Minderung der erforderlichen HF-Impulsspitzenleistung zuläßt.

Des weiteren besteht bei dem bekannten Ortungsverfahren die Möglichkeit, ein Bewegtziel 10 über längere Zeit im Radarstrahl zu verfolgen. Durch Ausnutzen der virtuellen Drehung eines geradlinig bewegten Objekts relativ zur beobachtenden Station (siehe Fig. 3), und der lückenlosen Registrierung des komplexwertigen Rückstreusignals während eines Zeitintervalls im Sekundenbereich kann eine Ortsverteilung aller Streuquellen auf dem Zielobjekt, die sogenannte Mikrowellenabbildung, rekonstruiert werden. Diese Mikrowellenabbildungen sind typisch für die verschiedenen

Zielobjekte 10 und Aspektwinkel  $\Delta\Theta$ , und lassen so durch einen korrelativen Vergleich mit einer Wissensbasis eine automatische Klassifikation zu.

Zur autonomen Führung eines Roboterfahrzeugs in einer mit vielen Gegenständen verstellten Halle ist das bekannte Ortungsverfahren jedoch nicht übernehmbar, da die für eine korrekte kollisionsfreie Bewegung des Roboterfahrzeugs wichtigen, in der Nähe befindlichen und damit Hindernisse bildenden Gegenstände mit den Radarsensoren am Rande des Überwachungsgebietes, also am Hallenrand infolge zu starker Mehrfachreflexionen und unübersichtlicher Schattenbereichen nicht sicher erfassbar sind. Zusammenstöße mit den Gegenständen wären also eine zwingende Folge.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur autonomen Führung von Roboterfahrzeugen in großen Hallen zu schaffen, das eine sichere, kollisionsfreie Bewegung des Roboterfahrzeugs in einer mit Gegenständen verstellten Halle ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Zweckmäßige und vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der auf den Anspruch 1 unmittelbar oder mittelbar rückbezogenen Ansprüche 2 bis 13.

Eine Radarstation zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung ist einschließlich Weiterbildungen in den Ansprüchen 14 bis 16 angegeben.

Da der momentane Geschwindigkeitsvektor eines Roboterfahrzeugs mittels Winkelcodierer an dessen Rädern zur Messung der Radumdrehungsgeschwindigkeiten sowie der Lenkwinkel jederzeit in seiner absoluten Größe festgestellt werden kann, ist es prinzipiell möglich, mit Hilfe von Mikrowellenabbildungen die Hindernisprofile eines Halleninventars im Bereich eines jeden Sektors maßstabsgerecht zu erfassen. Hierbei ist Voraussetzung, daß die benutzte Radarwellenlänge klein genug ist, um an den oberflächlichen Unregelmäßigkeiten der im Radarstrahl befindlichen Hindernisstrukturen genügend zusammenhängende Profillinien erkennen zu können.

Es ist hier also der inverse Fall eines Mikrowellen-Abbildungsprozesses gegenüber dem eingangs beschriebenen Verfahren zur Flugplatzüberwachung gegeben, bei welchem sich auf dem Flugplatz ein Zielobjekt im örtlich feststehenden Radarstrahl dreht (Inverses SAR-(ISAR-)Prinzip). Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur autonomen Führung von Roboterfahrzeugen variiert jedoch infolge der Sensorbewegung der Aspektwinkel, unter dem das Objekt gesehen wird (SAR-Prinzip).

Im Prinzip ist eine zweidimensionale Kartierung der Hindernisgrenzen dadurch möglich, daß zu jeder Rückstreuquelle am Hindernis simultan die Entfernung und der Dopplereffrequenzversatz aufgrund der Bewegung des Roboterfahrzeugs gemessen werden. Da bei gemessener Entfernung und bekanntem Geschwindigkeitsvektor des Radarsensors jedem Dopplereffrequenzversatz eindeutig ein Azimutwinkel zugeordnet werden kann, ist ein Streupunkt auch eindeutig zu lokalisieren.

Der Rekonstruktionsprozeß differiert demnach gegenüber dem klassischen SAR-Verfahren insofern erheblich, als bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Bewegungsspuren der Reflexionsquellen alle grundsätzlich verschieden sind. Diese Messungen werden von einer Roboter-Radarstation über den gesamten Azimutbereich von 360° durchgeführt. Zur Vermeidung von Mehrdeutigkeiten ist eine Unterteilung des Azimutbereichs in mindestens zwei gleiche Sektoren notwendig. Zur Reduktion des Rechenaufwandes ist eine höhere Anzahl von Sektoren, vorzugsweise vier, vorteilhaft.

Mittels des vorstehend beschriebenen autonomen Radar-

verfahrens nach der Erfindung kann sich ein Roboterfahrzeug auch in Hallenbereichen mit komplizierter Wegtopographie orientieren. Mit Hilfe von Trainingsfahrten und anderweitig verfügbarer Informationen wird eine Wissensbasis zur autonomen Bewegung aufgebaut; diese wird im Betrieb permanent aktualisiert.

Alternativ ist eine eindeutige Ortsbestimmung von Roboterfahrzeugen in einer Halle auf etwa  $\pm 0,5$  m möglich, indem die Grundidee des bekannten Nahbereichs-Ortungsverfahrens genutzt wird. Hierzu werden an den Hallenwänden in einigen Metern Höhe vorzugsweise vier Radarsensoren mit starren Antennen und breiter Sektorcharakteristik installiert, die die gesamte Hallenfläche ausleuchten und durch reine Entfernungsmessungen den momentanen Ort des Roboterfahrzeugs durch Multilateration bestimmen.

Die Ortungstopographie ist im Hallenbereich jedoch qualitativ von der eines Flughafenareals insofern völlig unterschiedlich, da die zu erwartende Zieldichte in den gemessenen Entfernungsprofilen wesentlich größer ist, da das Halleninventar erhebliche Rückstreuungsprozesse verursacht, die normalerweise in ihrer Intensität um ein Mehrfaches über derjenigen eines Roboterfahrzeugs liegen. Bei solch dichten Zielkonzentrationen ist das aus EP 550 073 B1 bekannte Ortungsprinzip jedoch nicht mehr anwendbar. Eine Lösungsmöglichkeit besteht jedoch darin, die autonome Radarstation des Roboterfahrzeugs als Transponder für die Hallenradaraussendungen zu benutzen. Die Reduktion der extremen Zieldichte wird dadurch erreicht, daß das Hallenradar auf einer Frequenz  $f_1$  sendet, der Roboter-Radarempfänger diese Impulssendung aufnimmt und über den robotereigenen Sender auf dessen Frequenz  $f_0$  mit bekannter, konstanter Zeitverzögerung wieder aussendet. Da der Hallen-Radarempfänger auf der Frequenz  $f_0$  empfängt, treten die vorstehend beschriebenen Reflexionsstörungen nicht auf, d. h. mit einer solchen Transpondertechnik wäre die für das Ortungsprinzip notwendige, geringe Zieldichte erreicht und es können auch mehrere Roboterfahrzeuge gleichzeitig geortet werden.

Das Ortungsergebnis wird dann, wie bei dem bekannten Nahbereichsortungsverfahren in einer "Master"-Radarstation berechnet und im Rahmen eines Kommunikationstelegramms über den "Master"-Radarsender an den Roboter-Radarempfänger übermittelt. Wegen der hier vorliegenden Quasi-Punktortung zur Erreichung der erwähnten Ortungsgenauigkeit von  $\Delta s = 0,5$  m wird nicht eine nach der bekannten Formel bezüglich der Systemauflösung:  $B = c / \Delta s$  berechnete Radarbandbreite von ca. 600 MHz, sondern bestenfalls eine Radarbandbreite von ca. 50 MHz benötigt, da es im Prinzip nur auf die präzise Feststellung einer zeitlichen Schwellwertüberschreitung ankommt.

An den Hallenwänden können gemäß einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung statt Radarsensoren, auch Transponder installiert werden, so daß das Roboterfahrzeugradar auch diese großräumige Ortung autonom durchführt, indem es die Laufzeiten der verschiedenen Transponderantworten registriert und anschließend unter Verwendung der bekannten Transponderkoordinaten durch Multilateration seinen eigenen Standort berechnet.

Infolge der breiten Sektordiagramme des Roboterfahrzeugradars kann der Empfänger jedoch nicht ohne weiteres die empfangenen Impulse von den Hallentranspondern eindeutig diesen zuordnen. Aus diesem Grund trägt jeder Transponder seiner Antwortsignal- Sendeimpulsfolge eine relativ niederfrequente individuelle Amplitudenmodulation von beispielsweise mehreren hundert Hertz auf. Die im Roboter-Radarempfänger gemessenen Laufzeitprofile mit den einzelnen zeitlich gestaffelt eintreffenden Transpondersignalen werden dann parallel in einer Filterbank mit einer der

Transponderzahl entsprechenden Kanalanzahl analysiert, und damit wird die jeweilige Sendequelle identifiziert.

Da infolge des in der Regel komplexen Halleninventars immer damit zu rechnen ist, daß einzelne Radarstrahlwege zwischen dem Roboterfahrzeugradar und den Hallenradarsensoren über starke Reflektorflächen erfolgen, deren Streckendämpfung wesentlich geringer sein kann als der reguläre direkte Weg, der unter Umständen gerade im Schatten irgendeines Hindernisses liegt, ist dafür Sorge zu tragen, daß solche durch Reflexionsumwege verlängerten Strecken die Multilaterationsergebnisse nicht verfälschen.

Um solche Verfälschungen auszuschließen, werden beispielsweise im Rahmen der Multilaterationsrechnung für die Basislinien aller möglichen Transponderpaarungen die Roboterfahrzeug-Koordinaten berechnet; anschließend werden im Rahmen einer statistisch abgesicherten, zweidimensionalen Zielpunktverteilungsanalyse die durch Wegverlängerung vom Ortungsschwerpunkt signifikant abweichenden Punkte gelöscht. Aufgrund von Häufigkeitsmessungen dieser Ausreißer in einer realen Umgebung im Rahmen von Vorabtestmessungen lassen sich die optimalen Aufstellungsorte der Hallenradarsensoren und deren Mindestanzahl bestimmen.

Für eine autonome Bewegungssteuerung des Roboterfahrzeugs ist die Kenntnis der momentanen Ausrichtung der Fahrzeugachse im Hallenkoordinatensystem sehr wichtig. Dieser Ausrichtwinkel kann durch eine Beobachtung der Intensitäten der verschiedenen Aussendungen der Transponder an den Hallenwänden unter Berücksichtigung der vorzugsweise vier – über den Vollkreis verteilten – bekannten Antennendiagramme des Roboterfahrzeugradars sowie einer Entfernungskorrektur grob ermittelt werden. Dies kann als eine Verallgemeinerung des bekannten Amplituden-Monopulverfahren aufgefaßt werden, weil im vorliegenden Fall aus mehreren Antennendiagrammen und einer gleichzeitigen Beobachtung mehrerer Sender mit bekanntem Azimut ein Winkelwert für die beobachtende Antennengruppe abgeleitet wird.

In den anliegenden Zeichnungen zeigen:

**Fig. 1** das Schema einer auf einem Roboterfahrzeug angebrachten Radarstation mit Mehrfachsektorantenne zur autonomen Führung dieses Fahrzeugs in einer Fabrikationshalle zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung;

**Fig. 2** einen Grundriß eines Flughafen-Teilbereichs mit Ausleuchtbereichen von vier Stationen zur Rollzustandserfassung auf dem Flughafen gemäß dem in der Beschreibungseinleitung beschriebenen bekannten Ortungsverfahren nach EP 550 073 B1, und

**Fig. 3** eine schematische Darstellung des Prinzips einer Mikrowellenabbildung mittels einer synthetischen Apertur bei dem bekannten Ortungsverfahren nach EP 550 073 B1.

Die in **Fig. 1** dargestellte, auf einem Roboterfahrzeug angebrachte Radarstation 1 weist auf Ihrer Oberseite eine schematisch angedeutete Antennenanordnung 2 auf, die aus vorzugsweise vier einzelnen Antennen zusammengesetzt ist. Jede dieser vier Antennen der Antennenanordnung 2 überdeckt mit Ihren Sensorsignalen eine Ausleuchtzone 4, die einem Sektor von jeweils etwa  $90^\circ$  entspricht.

Die Ausleuchtzonen 4 der vier Antennen der Antennenanordnung 2 ergänzen sich zu einem Vollkreis und erfassen die Halle bis zu deren Hallenwänden 5 insgesamt lückenlos.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum autonomen Führen von Roboterfahrzeugen in großen, mit Gegenständen versehenen Hallen, wie Industrie-, Fabrikations- oder Lagerhallen, dadurch gekennzeichnet, daß von einer auf dem Robo-

terfahrzeug untergebrachten Radarstation die jeweilige Halle insgesamt über einen in mehrere, vorzugsweise vier Teilsektoren unterteilten Vollkreis von 360° lückenlos mittels kohärenter Mikrowellensendeimpulse oder anderer entsprechender Mikrowellensignalformen ausgeleuchtet wird, von den Gegenständen und Hallenwänden rückgestreute Echosignale über der Anzahl von Teilsektoren entsprechende feststehende Sektorantennen der Radarstation empfangen werden, und in der Radarstation des Roboterfahrzeugs aus den empfangenen Echosignalen Informationen abgeleitet werden, die in einem zugeordneten Ortungsrechner geometrisch ausgewertet und dann in das Roboterfahrzeug führende Steuersignale umgewandelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die an den Rädern meßbaren Rollgeschwindigkeiten und Lenkwinkel und damit die in ihrer absoluten Größe jederzeit berechenbare Relativbewegung des Roboterfahrzeugs mit jeder der Sektorantennen große synthetische Aperturen erzeugt werden, wozu eine Verarbeitung der von den Antennen empfangenen komplexwertigen Echosignale in Abhängigkeit vom zurückgelegten Weg durchgeführt wird, so daß Mikrowellenbilder mit so hoher Auflösung erzeugt werden, daß Hindernisgrenzen in der nahen Umgebung des Roboterfahrzeugs erkennbar und in Kartenform dargestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch Korrelation der erzeugten Mikrowellenbilder und/oder daraus abgeleiteter Merkmalsvektoren mit solchen aus einer Wissensbasis eine Eigenortung im Roboterfahrzeug vorgenommen wird, und daß daraus Steuersignale für eine autonome Führung des Roboterfahrzeugs abgeleitet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellenbilder und/oder die Merkmalsvektoren der Wissensbasis in einem vorangehenden Lernprozeß gewonnen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Unterscheiden der Echosignale aus den einzelnen Sektoren unterschiedliche Frequenzen für die Radarsendesignale der Sektorantennen gewählt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Unterscheiden der Echosignale aus den einzelnen Sektoren die als Impulse ausgebildeten Radarsendesignale der Sektorantennen zeitlich gestaffelt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Unterscheiden der Echosignale aus den einzelnen Sektoren unterschiedliche sektorspezifische Modulationscodierungen für die Radarsendesignale der Sektorantennen vorgenommen werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem zur eindeutigen und weiträumigen Ortsbestimmung eines oder mehrerer Roboterfahrzeuge in der Halle und damit zur Bildung eines übergeordneten Navigationsverfahrens an den Hallenwänden in einer Höhe von einigen Metern angebrachte Radarsensoren mit einer Sendefrequenz  $f_1$  die jeweils an einem Roboterfahrzeug angebrachte Radarstation über einen gesonderten Empfangskanal als Transponder benutzen, die von der Radarstation des jeweiligen Roboterfahrzeugs mit einer Betriebsfrequenz  $f_0$  als Antwortsignale ausgesendeten Radarimpulse von den Impulsen der an den Hallenwänden vorgesehenen Radarsensoren zeitstabil synchronisiert werden, daß die Empfangszeiten der Robo-

terfahrzeug-Radarsendeimpulse in den Radarsensoren an den Hallenwänden registriert und Impulslaufzeitmessungen durchgeführt werden, alle Impulslaufzeit-Meßergebnisse der an den Hallenwänden angebrachten Radarsensoren an einer "Master"-Station, die durch einen speziellen der Radarsensoren gebildet wird, zusammengeführt werden und dort die Ortsbestimmung des Roboterfahrzeugs durch Multilaterationsberechnung durchgeführt wird, und das Ortsbestimmungsergebnis an das Roboterfahrzeug im Rahmen eines Kommunikationstelegramms über die Radarfunkverbindung von der "Master"-Station an das Roboterfahrzeug übermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß von mehreren in der Halle vorhandenen Roboterfahrzeugen mit der gleichen Betriebsfrequenz  $f_0$  auszusendende Transponderantwortsignale durch individuelle Intrapulscodierungen unterschieden werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem zur eindeutigen und weiträumigen autonomen Ortsbestimmung eines oder mehrerer Roboterfahrzeuge in der Halle zur Bildung eines übergeordneten Navigationsverfahrens von drei oder mehr an den Hallenwänden in einer Höhe von einigen Metern angebrachten Funk-Transpondern die dort empfangenen Radarimpulse der auf dem Roboterfahrzeug untergebrachten Radarstation frequenzversetzt wiederausgesendet werden, und die Laufzeiten der Antwortsignale der verschiedenen Transponder zum jeweiligen Roboterfahrzeug bei letzterem registriert werden und anschließend dort unter Verwendung der bekannten Transponderkoordinaten durch ein Multilaterationsberechnungsverfahren der Standort des jeweiligen Roboterfahrzeugs berechnet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Identifizierung der verschiedenen Transponder durch das Roboterfahrzeugradar ausgelösten Antwortimpulsfolgen eines jeden Transponders eine charakteristische Signatur aufgeprägt wird (Amplitudenmodulation, Datentelegramm, u. ä.).

12. Verfahren nach den Ansprüchen 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur Positionsbestimmung eines Roboterfahrzeugs aus den Laufzeitmessungen für jede Transponderpaarung eine Ortsberechnung im Ortungsrechner der auf dem jeweiligen Roboterfahrzeug untergebrachten Radarstation vorgenommen wird, und über eine Clusteranalyse aller so berechneten Positionen durch Beobachtung signifikant abweichender Positionen diejenigen Transponder identifiziert und für die aktuelle Ortsbestimmung eines Roboterfahrzeugs nicht berücksichtigt werden, deren direkter Signalausbreitungsweg zum Roboterfahrzeug vorübergehend durch Reflexionen an in der Halle vorhandenen Gegenständen gestört ist.

13. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9 oder alternativ nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensitäten der Transpondersignale an allen, jeweils einem Sektor zugeordneten Antennen der Radarstation des Roboterfahrzeugs gemessen werden, und aus diesen Messungen unter Berücksichtigung der bekannten Antennendiagramme der am Roboterfahrzeugs untergebrachten Radarstation eine Ermittlung der relativen azimuthalen Ausrichtung der Roboterfahrzeugachse auch eines stehenden Roboterfahrzeugs in bezug auf das Koordinatensystem der Halle unter Anwendung des sogenannten Amplituden-Monopulsprinzips vorgenommen wird.

14. Radarstation zur Durchführung des Verfahrens

nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf einem Roboterfahrzeug untergebrachte Radarstation eine Antennenanordnung (2) aus mehreren, vorzugsweise vier feststehenden Sektorantennen hat, die zueinander in der Azimutebene um etwa gleichgroße Sektorwinkel, vorzugsweise um Winkel von 90°, versetzt angeordnet sind, und die Antennen so ausgelegt sind, daß sie mit ihrem Azimutdiagramm den jeweiligen Sektorwinkel oder etwas mehr überdecken.

15. Radarstation nach Anspruch 14 zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Radarstation (1) zusätzlich als Transponder ausgelegt ist, der mit den an den Hallenwänden (5) in einer Höhe von einigen Metern angebrachten Radarsensoren kooperiert.

16. Radarstation nach Anspruch 14 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Radarstation (1) zusätzlich als Abfrageeinheit ausgelegt ist, die mit den an den Hallenwänden (5) in einer Höhe von einigen Metern angebrachten Transpondern kooperiert.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

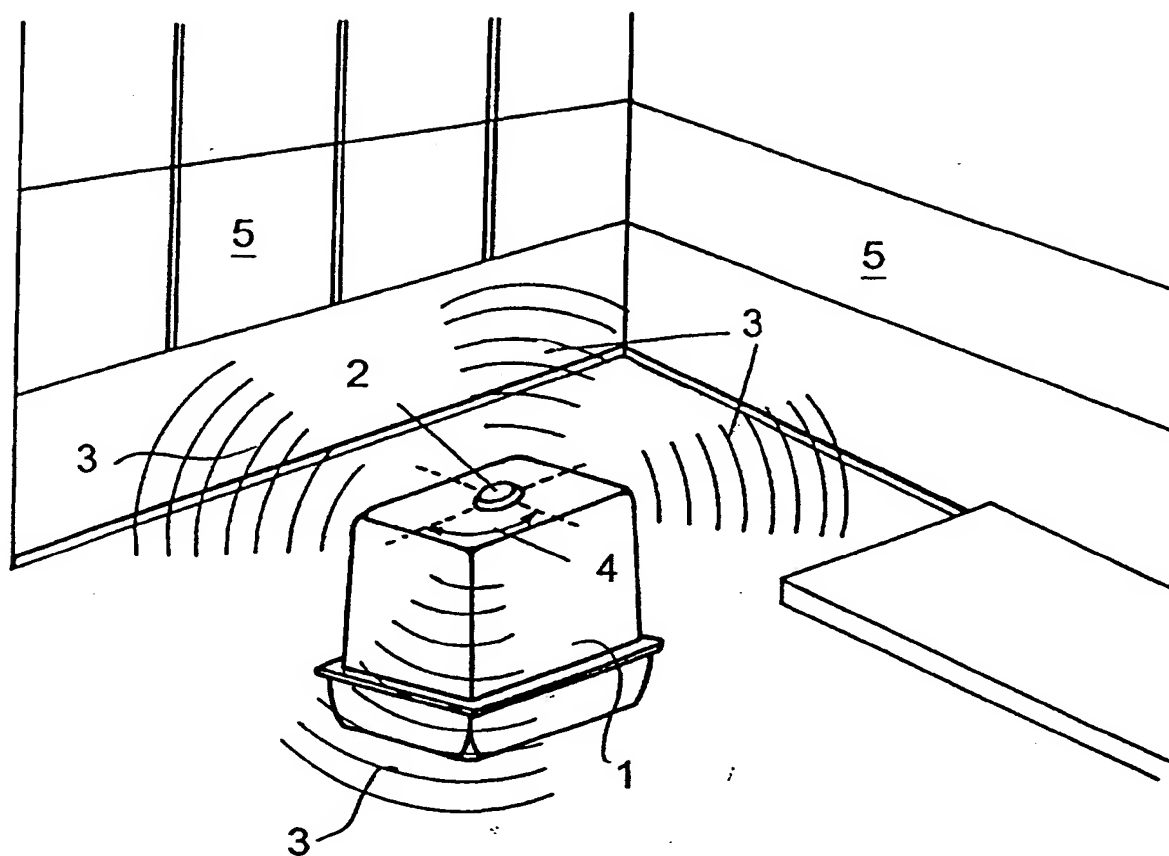
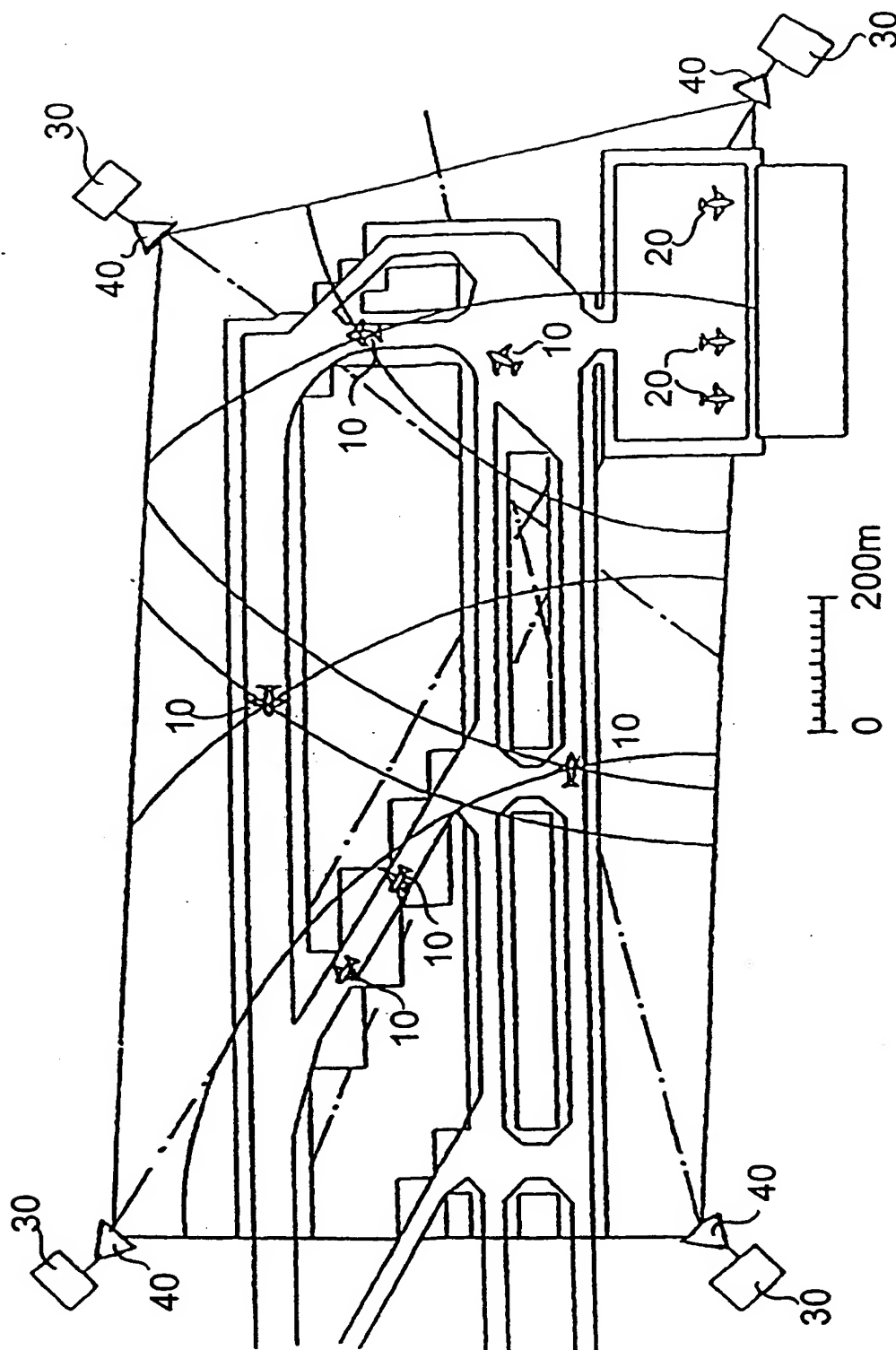


Fig.1

Fig.2



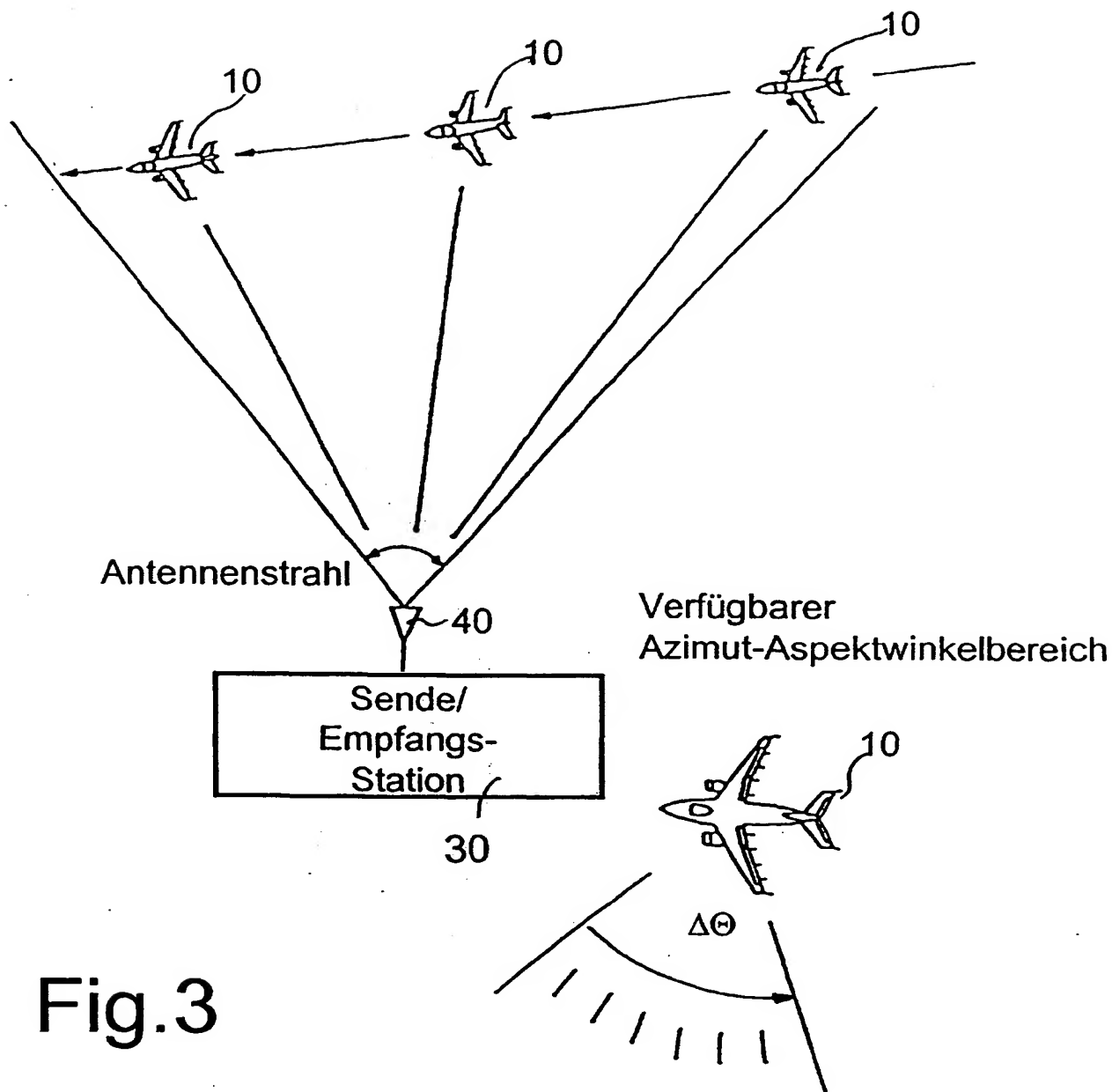


Fig.3